

## For Information Purposes Only

## Description

5           The invention relates to a manipulator for the inspection of poorly accessible locations of a steam generator.

          In upright steam generators, the heating pipes bent in the form of a U are provided, in the region of  
10   the pipe bend, with tensioning straps or reinforcements by means of which the pipes are secured and stabilized in the bend region. These tensioning straps are usually formed from a plurality of metal plates which are screwed or welded to one another in an offset manner.  
15   It is necessary for a visual inspection of these tensioning straps to be carried out at regular intervals. However, the space available between the bend region and a coarse separator opening located thereabove is limited and poorly accessible, with the  
20   result that, for the optical check, it is necessary to use a remote-control video camera or a videoscope which can be moved over the pipe-bend region by a manipulator introduced into the said intermediate region. This manipulator must both be capable of being introduced  
25   into the region beneath the coarse separator opening and have a sufficient range and capacity for movement in order that all inspecting positions can be reached.

          The object of the invention, then, is to specify a manipulator, for the inspection of a steam  
30   generator, which can be handled easily and by means of which it is possible to reach even poorly accessible locations in the steam generator.

          Said object is achieved by the features of Patent Claim 1. In accordance with these features, an  
35   inspection unit used for the inspection is borne by a non-continuous chain which is free at one end and contains chain links, of which the mutual pivoting range is bounded in one pivoting direction such that it can be aligned, in one pivoting direction, at least

more or less along a rectilinear chain line. By means of such a self-locking and self-supporting chain, even poorly accessible positions in the pipe-bend region of the steam generator can be reached easily and without  
5 any significant amount of installation work on site.

In particular a positional chain guide is provided for the purpose of aligning the self-supporting part of the chain.

The chain guide preferably projects through an  
10 opening in the coarse separator plate of the steam generator into the interspace between the pipe-bend region and the coarse separator plate. The chain guide is preferably mounted pivotably and, in particular, also in an axially displaceable manner in said opening.

15 In a further preferred configuration of the invention, at its free end, the chain is connected to an extension chain which can be pivoted in the self-locking direction of rotation into a curved chain line and at the free end of which the inspection unit is  
20 arranged.

The inspection unit provided is preferably a video camera which can be pivoted about two axes by remote control.

In order for the invention to be explained  
25 further, you are referred to the drawing, in which:

Figure 1 shows a schematic illustration of a manipulator according to the invention which is introduced beneath the coarse separator plate of a steam generator and contains a self-locking carrying  
30 chain,

Figure 2 shows a longitudinal section of two links of a chain which is suitable for the manipulator according to the invention,

Figure 3 shows a cross section of a guide  
35 element which is suitable for guiding the chain,

Figure 4 shows the inspection range which can be reached by a manipulator according to the invention, and

Figures 5 and 6 show the alignment of the manipulator by way of a chain guide which is bent at its end.

According to Figure 1, the heating pipes 3 in  
5 an upright steam generator 2 of a nuclear power plant  
are combined to form a pipe cluster, which forms a  
U-shaped pipe-bend region 6. The heating pipes 3 of the  
pipe bundle are fixed in said pipe-bend region 6 by  
tensioning straps 4. Said tensioning straps 4 are made  
10 up of a plurality of metal plates which are welded or  
screwed to one another at junction points 5. The  
junction points 5 have to be checked optically at  
regular intervals in order to ensure the mechanical  
stability of the tensioning assembly retained by the  
15 tension straps 4. The optical check takes place by  
means of a remote-control inspection device 8, for  
example a video camera or a videoscope, which is borne  
by a non-continuous chain 10, i.e. one which is free at  
one end. In the extended state, said chain 10 contains  
20 a self-supporting part 10a and a part 10b which is  
guided in the chain 30 and with which the chain line 12  
of the self-supporting part 10a is aligned.

The chain 10 is constructed from chain links  
100, of which the mutual pivoting range is bounded in  
25 one pivoting direction, the pivoting direction 18 of  
the self-supporting part 10a of the chain 10, said  
pivoting direction being oriented downwards in the  
figure. The individual chain links 100 are provided  
with stops such that the chain 10 is aligned along a  
30 rectilinear or merely slightly curved chain line 12  
under the action of a force acting in the pivoting  
direction 18.

The chain guide 30 is guided through an opening  
24 in the coarse separator plate 22 and is mounted in  
35 said opening in an adapter plate 36. Above the coarse  
separator plate 22, the chain guide 30 receives the  
chain 100, which can be unrolled from a chain store 37,  
and guides it into the interspace between the pipe bend  
6 and the coarse separator plate 22.

The length of the self-supporting part 10a of the chain 10 is given by the chain supply located in the chain store 37 being wound up or unwound.

Moreover, a clamping means 38 is provided on  
5 the chain guide 30 for the purpose of fixing the chain length.

The chain guide 30 contains a plurality of chain-guide elements 33 to 35. A curved guide element 33 is provided for the purpose of aligning the self-  
10 supporting part 10a of the chain 10, said element, in the example of the figure, causing the chain to be aligned horizontally. Moreover, the chain guide 30 is mounted in the adapter plate 36 such that the entire chain guide is pivoted about the axis 40, which is  
15 aligned with the opening 24, and can be displaced axially along said axis 40.

In the example of the figure, an extension chain 52 is arranged at the free end of the self-supporting part 10a of the chain 10 via an intermediate  
20 element 50 and can be pivoted into a curved chain line in two pivoting directions. The video camera 8 is arranged at the end of said extension chain 52 such that it can be pivoted by remote control, for example by way of flexible shafts, in the directions indicated  
25 by arrows. This measure also makes it possible to reach junction points located on the outer edge of the pipe-bend region 6.

Figure 2 illustrates two adjacent chain links 100a and 100b. They each contain two chain flanks 102  
30 which are connected to one another by a bracing means 104. The chain flanks 102 are each provided with a continuation 106 which projects into the adjacent chain link 100b and forms a stop for the bracing means 104 of said adjacent chain link 100b. Rotation of the chain  
35 link 100a about the pin 14 in direction of rotation 18 causes horizontal alignment, starting from a polygonal chain line 12', into the chain line 12, which is given by the dashed-line position of the chain link 100a.

According to Figure 3, the chain-guide elements are formed by a U-shaped aluminium profile 31 which is provided with a Teflon layer 32 for the purpose of increasing the sliding capacity of the chain.

5        Figure 4 shows that virtually all junction points in the pipe-bend region 6 can be covered by a combination of the length of the self-supporting part 10a of the chain and the pivoting range  $\beta_1$  to  $\beta_3$ .

10        Figure 5 shows how an appropriate configuration of the guide element 33, which is located at the end of the chain guide 30, provides an additional possible way of aligning the setting angle  $\alpha$  of the chain line of the self-supporting chain part 10a. According to Figure 6, this setting angle  $\alpha$  can also be produced by  
15        appropriate pivoting of the entire chain guide 30 about an axis running parallel to the coarse separator plate. By virtue of the setting angle  $\alpha$  oriented, for example, in the downward direction, it is also possible for the camera 8, even in an extreme edge position, to be  
20        advanced up more closely to the tensioning straps 4.

Patent claims

1. Manipulator for the inspection of poorly accessible locations, in particular for the inspection of the tensioning straps (4) in the pipe-bend region  
5 (6) of an upright steam generator (2), having an inspection unit (8) which is borne by a chain (10) which is free at one end and contains chain links (100), of which the mutual pivoting range is bounded in one pivoting direction (18) such that the chain links  
10 (100) are aligned at least more or less along a rectilinear chain line (12).
2. Manipulator according to Claim 1, characterized in that means (30) are provided for the purpose of aligning the self-supporting part (10a) of the chain  
15 (10).
3. Manipulator according to Claim 2, characterized in that the means comprise a positionable chain guide (30).
4. Manipulator according to Claim 3, characterized  
20 in that the chain guide (30) projects through an opening (24) in a coarse separator plate (22) of the steam generator (2) into the interspace between said coarse separator plate (22) and the pipe-bend region (6).
- 25 5. Manipulator according to either of Claims 3 and 4, characterized in that the chain guide (30), for the purpose of aligning the self-supporting part (10a) of the chain (10), contains at least one curved guide element (33).
- 30 6. Manipulator according to Claim 4, characterized in that the chain guide (30) is mounted pivotably in the opening (24).
7. Manipulator, according to Claim 4 or 6, characterized in that the chain guide (30) is mounted  
35 in an axially displaceable manner in the opening (24).
8. Manipulator according to one of the preceding claims, characterized in that, at its free end, the chain (10) is connected to an extension chain (52) which can be pivoted in two pivoting directions into a

curved chain line and receives the inspection unit (8) at its free end.

9. Manipulator according to one of the preceding claims, characterized in that the inspection unit (8)  
5 provided is a video camera or a videoscope.

10. Manipulator according to Claim 9, characterized in that the video camera (8) or the videoscope can be pivoted about two axes by remote control.

---

2 associated pages of drawings

---

Manipulator for the inspection of poorly accessible locations of a steam generator

In a manipulator for the inspection of the tensioning straps (4) arranged in the pipe-bend region (6) of a steam generator (2), an inspection unit (8) is borne by a chain (10) which is free at one end and contains chain links (100), of which the mutual pivoting range is bounded in one pivoting direction (18) such that the chain links (100) are aligned along a rectilinear chain line (12).



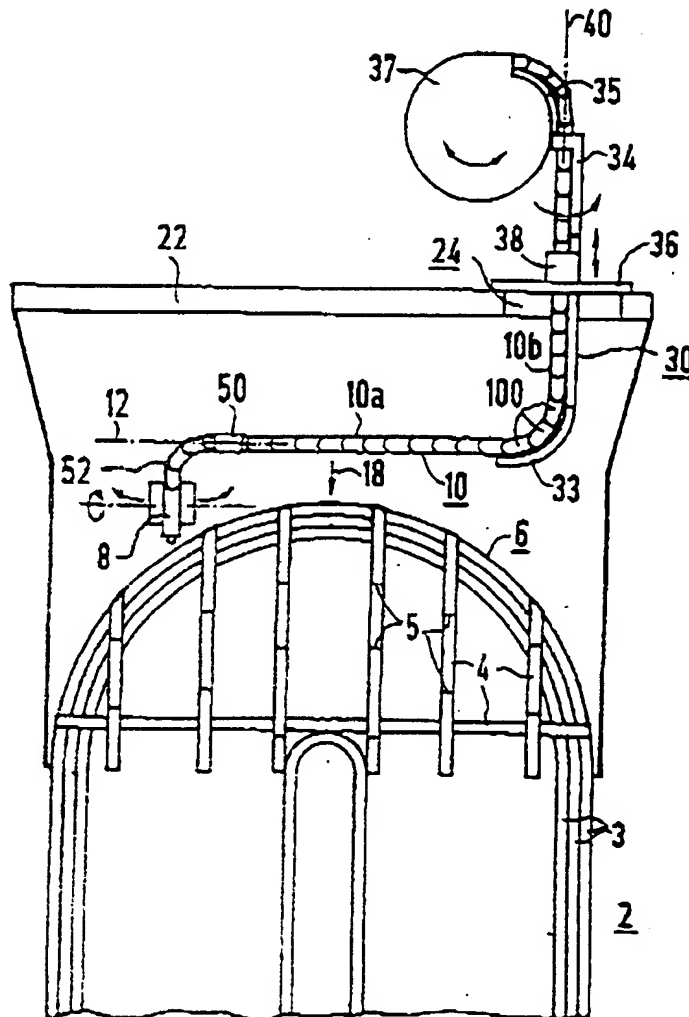


FIG 1

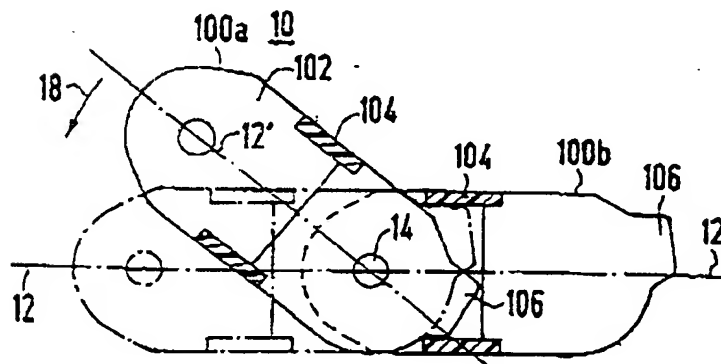


FIG 2



FIG 3

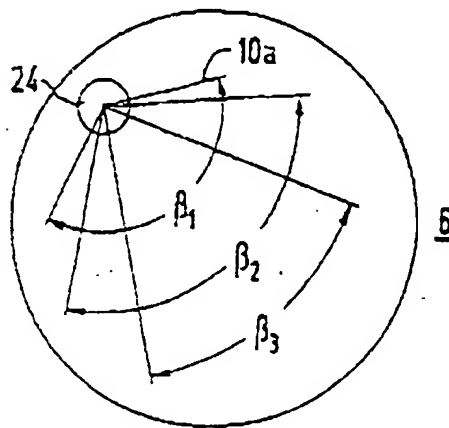


FIG 4

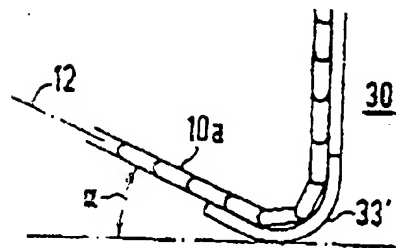


FIG 5

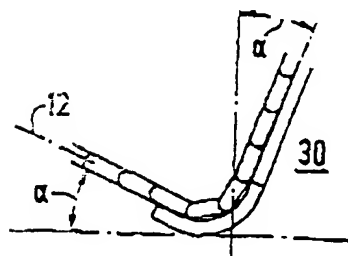


FIG 6



⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 26 854 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 25 J 7/00**  
H 04 N 7/18  
G 21 C 17/017

②① Aktenzeichen: P 42 26 854.0  
②② Anmeldetag: 13. 8. 92  
②③ Offenlegungstag: 17. 2. 94

DE 42 26 854 A 1

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Zenkel, Martin, 8555 Adelsdorf, DE; Neubauer, Egon,  
Dipl.-Ing., 8550 Forchheim, DE; Leibold, Richard,  
8501 Eckental, DE

⑤⑧ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

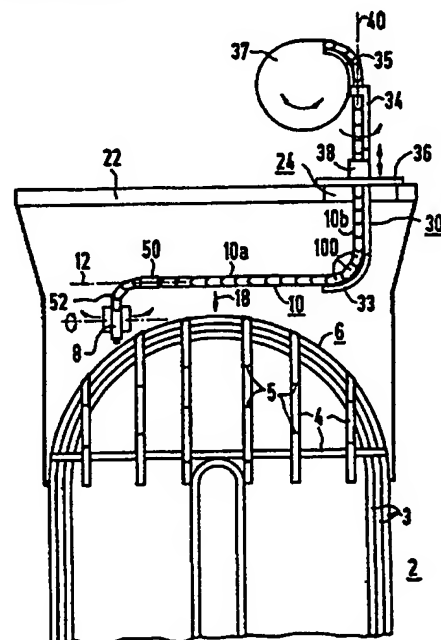
DE	39 30 291 C1
DE	35 01 524 C2
DE-AS	11 99 481
DE	39 16 061 A1
DE	30 25 838 A1
FR	23 45 626
GB	14 89 070
US	44 60 920
SU	6 08 414

FENEMORE, Peter: Developing remote techniques  
for liquid metal reactor. In: Nuclear Engineering,  
Auf. 1987, S. 55, 56, 58;

PARRATT, David: CEBG develops sophisticated  
manipulators for reactor repairs. In: Nuclear  
Engineering, 1985, H. 373, S. 24-26;

⑤④ Manipulator zur Inspektion schwer zugänglicher Stellen eines Dampferzeugers

⑤⑦ Bei einem Manipulator zur Inspektion der im Rohrbogen-  
bereich (6) eines Dampferzeugers (2) angeordneten Spann-  
bänder (4) wird ein Inspektionsgerät (8) von einer an einem  
Ende freien Kette (10) getragen, die Kettenglieder (100)  
enthält, deren gegenseitiger Schwenkbereich in einer  
Schwenkrichtung (18) derart begrenzt ist, daß sich die  
Kettenglieder (100) längs einer geradlinigen Kettenlinie (12)  
ausrichten.



DE 42 26 854 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 93 208 067/272

6/46

Die Erfindung bezieht sich auf einen Manipulator zur Inspektion schwer zugänglicher Stellen eines Dampferzeugers.

Bei aufrechtstehenden Dampferzeugern sind die U-förmig gebogenen Heizrohre im Bereich des Rohrbogens mit Spannbändern oder Versteifungen versehen, mit denen die Rohre im Bogenbereich gehalten und stabilisiert werden. Diese Spannbänder werden in der Regel aus mehreren versetzt zueinander verschweißt oder verschraubten Blechen gebildet. In regelmäßigen Abständen ist es erforderlich, eine Sichtprüfung dieser Spannbänder durchzuführen. Der zwischen dem Bodenbereich und einer darüberliegenden Grobabscheideröffnung zur Verfügung stehende Raum ist jedoch begrenzt und schwer zugänglich, so daß zur optischen Kontrolle eine ferngesteuerte Videokamera oder ein Videoskop verwendet werden muß, die von einem in diesem Zwischenbereich eingebrachten Manipulator über den Rohrbogenbereich verfahren werden kann. Dieser Manipulator muß sowohl in den Bereich unterhalb der Grobabscheideröffnung eingebracht werden können als auch eine ausreichende Reichweite und Beweglichkeit haben, damit alle Prüfpositionen erreicht werden können.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde einen Manipulator zur Inspektion eines Dampferzeugers anzugeben, der einfach handhabbar ist und mit dem auch schwer zugängliche Stellen im Dampferzeuger erreicht werden können.

Die genannte Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Entsprechend diesen Merkmalen wird ein zur Inspektion verwendetes Inspektionsgerät von einer offenen, an einem Ende freien Kette getragen, die Kettenglieder enthält deren gegenseitiger Schwenkbereich in einer Schwenkrichtung derart begrenzt ist, daß sie sich in einer Schwenkrichtung wenigstens annähernd längs einer geradlinigen Kettenlinie ausrichten. Mit einer solchen selbstsperrenden freitragenden Kette können auch schwer zugängliche Positionen im Rohrbogenbereich des Dampferzeugers einfach und ohne größere Montagearbeiten vor Ort erreicht werden.

Zum Ausrichten des freitragenden Teils der Kette ist insbesondere eine positionierbare Kettenführung vorgesehen.

Die Kettenführung ragt vorzugsweise durch eine Öffnung der Grobabscheiderplatte des Dampferzeugers in den Zwischenraum zwischen dem Rohrbogenbereich und der Grobabscheiderplatte hinein. In dieser Öffnung ist die Kettenführung vorzugsweise schwenkbar und insbesondere auch axial verschiebbar gelagert.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Kette an ihrem freien Ende mit einer in der selbstsperrenden Drehrichtung in eine gekrümmte Kettenlinie schwenkbaren Verlängerungskette verbunden, an deren freiem Ende das Inspektionsgerät angeordnet ist.

Als Inspektionsgerät ist vorzugsweise eine Videokamera vorgesehen, die fernbedient um zwei Achsen schwenkbar ist.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung verwiesen, in deren

Fig. 1 ein unterhalb der Grobabscheiderplatte eines Dampferzeugers eingebrachter, eine selbstsperrende Tragkette enthaltender Manipulator gemäß der Erfindung schematisch dargestellt ist.

Fig. 2 zeigt zwei Glieder einer für den Manipulator gemäß der Erfindung geeigneten Kette in einem Längsschnitt. In

Fig. 3 ist ein zur Führung der Kette geeignetes Führungselement in einem Querschnitt veranschaulicht.

Fig. 4 veranschaulicht den mit einem Manipulator gemäß der Erfindung erreichbaren Inspektionsbereich und

Fig. 5 und 6 veranschaulichen die Ausrichtung des Manipulators mit einer an ihrem Ende gebogenen Kettenführung.

Gemäß Fig. 1 sind in einem aufrechtstehenden Dampferzeuger 2 eines Kernkraftwerkes die Heizrohre 3 zu einem Rohrbündel zusammengefaßt, das einen U-förmigen Rohrbogenbereich 6 bildet. In diesen Rohrbogenbereich 6 werden die Heizrohre 3 des Rohrbündels durch Spannbänder 4 fixiert. Diese Spannbänder 4 sind aus mehreren Blechen zusammengesetzt, die untereinander an Knotenpunkten 5 verschweißt oder verschraubt sind. Die Knotenpunkte 5 müssen in regelmäßigen Abständen optisch kontrolliert werden, um die mechanische Stabilität des mit den Spannbändern 4 gehaltenen Spannverbandes sicherzustellen. Die optische Kontrolle erfolgt mittels einer ferngesteuerten Inspektionseinrichtung 8, beispielsweise eine Videokamera oder ein Videoskop, die von einer offenen, d. h. an einem Ende freien Kette 10 getragen wird. Diese Kette 10 enthält im ausgefahrenen Zustand einen freitragenden Teil 10a und einen in einer Kettenführung 30 geführten Teil 10b, mit der die Kettenlinie 12 des freitragenden Teils 10a ausgerichtet wird.

Die Kette 10 ist aus Kettengliedern 100 aufgebaut, deren gegenseitiger Schwenkbereich in einer Schwenkrichtung, dies ist in der Figur nach unten zeigende Schwenkrichtung 18 des freitragenden Teils 10a der Kette 10, begrenzt ist. Die einzelnen Kettenglieder 100 sind derart mit Anschlägen versehen, daß sich die Kette 10 unter der Wirkung einer in Schwenkrichtung 18 wirkenden Kraft längs einer geraden oder nur wenig gekrümmten Kettenlinie 12 ausrichtet.

Die Kettenführung 30 ist durch eine Öffnung 24 in der Grobabscheiderplatte 22 hindurchgeführt und in dieser Öffnung in einer Adapterplatte 36 gelagert. Die Kettenführung 30 nimmt oberhalb der Grobabscheiderplatte 22 die aus einem Kettenspeicher 37 abrollbare Kette 100 auf und führt sie in den Zwischenraum zwischen den Rohrboden 6 und der Grobabscheiderplatte 22.

Die Länge des freitragenden Teils 10a der Kette 10 erfolgt durch Auf- oder Abspulen des im Kettenspeicher 37 befindlichen Kettenvorrats.

An der Kettenführung 30 ist außerdem zum Fixieren der Kettenlänge eine Klemmvorrichtung 38 vorgesehen.

Die Kettenführung 30 enthält mehrere Kettenführungselemente 33 bis 35. Zum Ausrichten des freitragenden Teils 10a der Kette 10 ist ein gebogenes Führungselement 33 vorgesehen, das im Beispiel der Figur eine horizontale Ausrichtung der Kette bewirkt. Die Lagerung der Kettenführung 30 in der Adapterplatte 36 ist außerdem so ausgebildet, daß die gesamte Kettenführung um die zur Öffnung 24 fluchtende Achse 40 geschwenkt und längs dieser Achse 40 axial verschoben werden kann.

Im Beispiel der Figur ist am freien Ende des freitragenden Teils 10a der Kette 10 über ein Zwischenstück 50 eine Verlängerungskette 52 angeordnet, die in beiden Schwenkrichtungen in eine gekrümmte Kettenlinie schwenkbar ist. Am Ende dieser Verlängerungskette 52

ist die Videokamera 8 beispielsweise durch biegsame Wellen ferngesteuert in die durch Pfeile angedeuteten Richtungen schwenkbar angeordnet. Durch diese Maßnahme können auch am Außenrand des Rohrbogenbereiches 6 befindliche Knotenpunkte erreicht werden.

Entsprechend Fig. 2 sind zwei benachbarte Kettenglieder 100a und 100b dargestellt. Sie enthalten jeweils zwei Kettenflanken 102, die untereinander mit einer Verstrebung 104 verbunden sind. Die Kettenflanken 102 sind jeweils mit einem in das benachbarte Kettenglied 100b hineinragenden Fortsatz 106 versehen, der einen Anschlag für die Verstrebung 104 dieses benachbarten Kettengliedes 100b bildet. Bei Drehung des Kettengliedes 100a um die Achse 14 in Drehrichtung 18 wird ausgehend von einer polygonartigen Kettenlinie 12' eine horizontale Ausrichtung in die Kettenlinie 12 bewirkt, die sich durch die gestrichelt dargestellte Position des Kettengliedes 100a ergibt.

Entsprechend Fig. 3 werden die Kettenführungselemente durch ein U-förmiges Aluminiumprofil 31 gebildet, das zur Erhöhung der Gleitfähigkeit der Kette mit einer Teflonschicht 32 versehen ist.

Fig. 4 zeigt, daß durch eine Kombination der Länge des freitragenden Teils 10a der Kette und der Schwenkbereichs  $\beta_1$  bis  $\beta_3$  praktisch alle Knotenpunkte im Rohrbogenbereich 6 erfaßt werden können.

In Fig. 5 ist veranschaulicht, wie durch eine entsprechende Ausgestaltung des am Ende der Kettenführung 30 befindlichen Führungselementes 33 eine zusätzliche Möglichkeit zum Ausrichten des Anstellwinkels  $\alpha$  der Kettenlinie des freitragenden Kettenteils 10a erzeugt werden kann. Gemäß Fig. 6 kann dieser Anstellwinkel  $\alpha$  auch durch ein entsprechendes Schwenken der gesamten Kettenführung 30 um eine parallel zur Grobabscheiderplatte verlaufende Achse erzeugt werden. Durch einen beispielsweise nach unten weisenden Anstellwinkel  $\alpha$  kann die Kamera 8 auch in extremer Randposition noch näher an die Spannbänder 4 herangeführt werden.

#### Patentansprüche

1. Manipulator zur Inspektion schwer zugänglicher Stellen, insbesondere zur Inspektion der Spannbänder (4) im Rohrbogenbereich (6) eines aufrechtstehenden Dampferzeugers (2), mit einem Inspektionsgerät (8), bei dem das Inspektionsgerät (8) von einer an einem Ende freien Kette (10) getragen wird, die Kettenglieder (100) enthält, deren gegenseitiger Schwenkbereich in einer Schwenkrichtung (18) derart begrenzt ist, daß sich die Kettenglieder (100) wenigstens annähernd längs einer geradlinigen Kettenlinie (12) ausrichten.
2. Manipulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (30) zum Ausrichten des freitragenden Teils (10a) der Kette (10) vorgesehen sind.
3. Manipulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel eine positionierbare Kettenführung (30) umfassen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kettenführung (30) durch eine Öffnung (24) einer Grobabscheiderplatte (22) des Dampferzeugers (2) in den Zwischenraum zwischen dieser Grobabscheiderplatte (22) und dem Rohrbogenbereich (6) hineinragt.
5. Manipulator nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kettenführung (30) zum Ausrichten des freitragenden Teils (10a)

der Kette (10) wenigstens ein gebogenes Führungselement (33) enthält.

6. Manipulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kettenführung (30) in der Öffnung (24) schwenkbar gelagert ist.

7. Manipulator nach Anspruch 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kettenführung (30) in der Öffnung (24) axial verschiebbar gelagert ist.

8. Manipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kette (10) an ihrem freien Ende mit einer in beide Schwenkrichtungen in eine gekrümmte Kettenlinie schwenkbaren Verlängerungskette (52) verbunden ist, die an ihrem freien Ende das Inspektionsgerät (8) aufnimmt.

9. Manipulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Inspektionsgerät (8) eine Videokamera oder ein Videoskop vorgesehen ist.

10. Manipulator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Videokamera (8) bzw. das Videoskop ferngesteuert um zwei Achsen schwenkbar ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

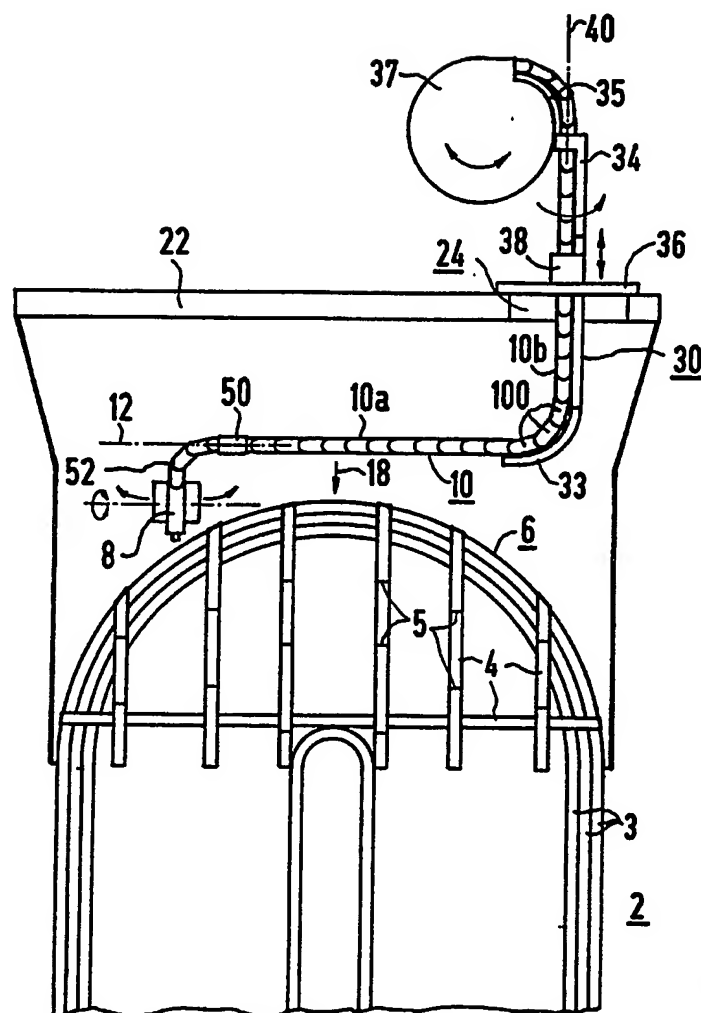


FIG 1

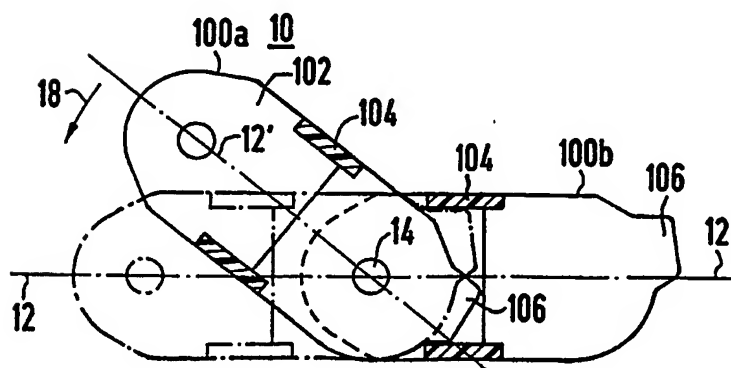


FIG 2

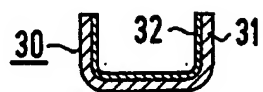


FIG 3

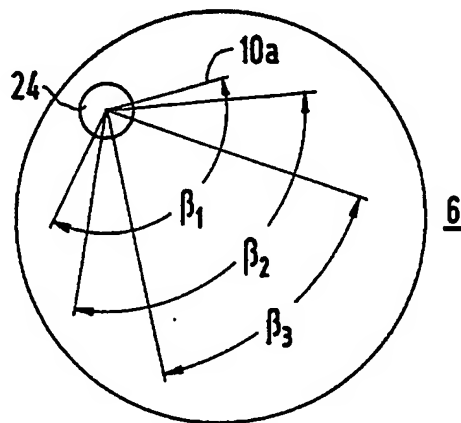


FIG 4

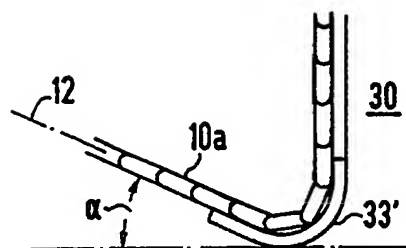


FIG 5

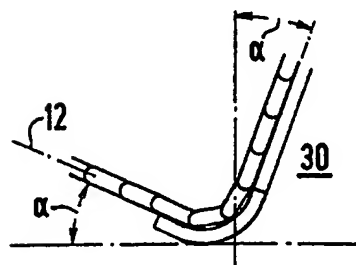


FIG 6